

# 黑灵芝多糖对运动大鼠抗疲劳和抗氧化作用

莫双瑗<sup>1</sup>, 梁健<sup>\*2</sup>

(1. 广西科技大学 体育学院, 广西 柳州 545006; 2. 广西科技大学 鹿山学院体育教学部, 广西 柳州 545006)

**摘要:** 通过检测正常大鼠、运动疲劳后大鼠以及力竭休息 12 h 后大鼠肝组织和线粒体相关指标, 研究黑灵芝多糖增强机体运动能力以及抗疲劳和提高机体运动后恢复能力的影响。取 100 只 Wistar 雄性大鼠, 随机分为 5 组: 对照组(A)、力竭组(B)、力竭休息组(C)、黑灵芝多糖力竭组(D)、黑灵芝多糖力竭休息组(E)。按照规定, 5 组 Wistar 大鼠同时做 30 d 跑台耐力运动, D、E 每天按规定剂量灌胃黑灵芝多糖, 末次运动训练后, 将 A 组于安静情况下处死, 检测其生化指标; 使另外 4 组做剧烈运动后力竭, 将 B、D 处死测相关指标; 使 C、E 大鼠休息 12 h 后, 处死并检测指标。大鼠服用黑灵芝多糖后, GSH-Px 活力、SOD 活力和-SH 摩尔质量有显著提高, MDA 浓度明显降低。说明其可增强机体抗氧化能力。线粒体活力有明显提升。休息 12 h, NOS 能力、NO 摩尔质量指标几乎达到原水平。可得出服用黑灵芝多糖可增强机体的恢复能力, 使抗疲劳能力增强。服用黑灵芝多糖能够增强大鼠的抗疲劳功能和抗氧化作用, 提高大鼠运动能力, 加强运动疲劳后恢复能力。

**关键词:** 黑灵芝多糖; 抗疲劳; 抗氧化

**中图分类号:** R 285.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2018)05-0555-05

## Study of *Ganoderma lucidum* Polysaccharides on Rat Anti-Fatigue and Anti-Oxidant Effect

MO Shuangyuan<sup>1</sup>, LIANG Jian<sup>\*2</sup>

(1. Sport Institute Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006, China; 2. Sports Teaching Department Lushan College Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006, China)

**Abstract:** To detect the normal rats, rats after exercise fatigue and exhaustion after 12 h of rest in rat liver tissue and mitochondria-related indicators of black *Ganoderma lucidum* polysaccharides enhance exercise capacity and fatigue and enhance the body's ability to recover after exercise influences. 100 male Wistar rats were randomly divided into five groups: control group (A), exhaustive group (B), exhaustive rest group (C), black *Ganoderma lucidum* polysaccharides exhaustive group (D), black *Ganoderma lucidum* polysaccharides exhaustive rest group (E). According to regulations, five groups of Wistar rats while doing endurance exercise treadmill 30 d, D, E daily prescribed dose gavage black *Ganoderma lucidum* polysaccharides, after the last exercise training, the A group were

收稿日期: 2016-04-10

基金项目: 2018 年度广西高校中青年教师基础能力提升项目(2018KY0310); 广西高等教育本科教学改革工程项目(2016JGA251)。

作者简介: 莫双瑗(1987—), 男, 广西来宾人, 壮族, 讲师, 主要从事运动营养保健研究。E-mail: 517861250@qq.com

\* 通信作者: 梁健(1983—), 男, 广西柳州人, 讲师, 主要从事运动营养保健研究。E-mail: 532122022@qq.com

引用本文: 莫双瑗, 梁健. 黑灵芝多糖对运动大鼠抗疲劳和抗氧化作用[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(05): 555-559.

sacrificed in a quiet situation, detecting biochemical indicators; make additional 4 groups do Exhausted after strenuous exercise, the B, D sacrificed measure relevant indicators; make C, E rat rest after 12 h, sacrificed and detect targets. The rats taking black *Ganoderma lucidum* polysaccharides, GSH-Px vitality, SOD activity and -SH content significantly increased, MDA decreased significantly. Description which can enhance the body's antioxidant capacity. Mitochondrial activity was significantly enhanced. After the break 12 h, the liver tissue NOS activity, NO content and mitochondrial index almost reached the original level. Black *Ganoderma lucidum* polysaccharides can be drawn taking can enhance the body's ability to recover, enhanced resistance to fatigue. Taking black *Ganoderma lucidum* polysaccharides can enhance the function of rat anti-fatigue and anti-oxidation, improve exercise capacity in rats, fatigue after exercise to strengthen resilience.

**Keywords:** black *Ganoderma lucidum* polysaccharides, anti-fatigue, anti-oxidant

黑灵芝(*Black Ganoderma lucidum*)在真菌界具有重要的地位,其中含有重要的活性因子,具有明显的药理功能,其价值含量高,品种多,包括黑灵芝、白灵芝、紫芝等<sup>[1-3]</sup>。研究表明,灵芝多糖是从灵芝中提取出的具有极高价值的成分,其具有很强的生理活性,能够降血糖、降血压、调节血脂等功能,尤其是黑灵芝多糖更被广泛应用<sup>[4-5]</sup>。运动专家指出,经过过度的运动不仅对机体不利,而且还会产生大量的自由基损坏机体,从而能够引起机体相关功能发生障碍,线粒体功能下降,呼吸变慢,使得机体加快疲劳,如果不除掉这些自由基,则导致运动能力降低,影响机体健康<sup>[6-8]</sup>。本文作者意在检测正常大鼠、运动疲劳后大鼠以及力竭休息后大鼠肝组织和线粒体,研究黑灵芝多糖对大鼠抗疲劳,增强机体运动能力和提高机体运动后恢复能力的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 动物、材料与试剂

健康 Wistar 雄性大鼠 100 只,质量为 150~180 g,取自吉林大学动物中心。黑灵芝,安国市健仁药材有限公司产品;SOD、GSH-Px、-SH、MDA、NOS、NO、Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup>-ATPase、Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase 试剂盒,齐一生物科技有限公司产品。

### 1.2 仪器与设备

RE 型蒸发器,上海越众仪器设备有限公司产品;UV7502PCS 型分光光度计,深圳市佳博特实验设备有限公司产品;TD 型离心机,常州市万丰仪器制造有限公司产品;GM-33A 型真空抽滤泵,厦门森

态仪器仪表有限公司产品;TL96-2 型超声波粉碎机,江苏天翎仪器有限公司产品;HH-4 型恒温水浴锅,常州市鸿科仪器厂制造。

### 1.3 方法

**1.3.1 黑灵芝多糖的制备** 取一定量的黑灵芝子实体,将其洗净,40 ℃烘干,粉碎至 160 目,采用体积分数为 95%的乙醇进行脱脂,加入纯净水,100 ℃下浸提 2 h,过滤,浓缩。然后加入乙醇置于 4 ℃的冰箱中沉淀多糖,离心 30 min,采用 Sevag 法除蛋白质,进行浓缩并冻干,备用<sup>[9-11]</sup>。

**1.3.2 动物分组及灌胃** 随机抽取 Wistar 雄性大鼠,将大鼠随机分为 5 组,每组 20 只:模型组(A)、力竭组(B)、力竭休息组(C)、黑灵芝多糖力竭组(D)、黑灵芝多糖力竭休息组(E)。黑灵芝多糖组(D组、E组)每天灌胃多糖水溶液 4 mL/d, A、B、C 组均灌胃生理盐水 4 mL/d,连续灌胃 30 d,末次灌胃 30 min 再检测。

**1.3.3 运动模型的建立** 随机抽取大鼠,使其做 30 d 跑台训练,方案根据 Bedford 模型(见表 1),训练之前应先进行准备活动,速度为 15 m/min。按照 1.3.2 方法对大鼠灌胃生理盐水和黑灵芝多糖 4 mL/d。30 d 后,将 A 组于安静时处死,做对照组;B、D 组大鼠运动至力竭并处死,作为对照;C、E 组力竭并恢复 12 h 后处死<sup>[12-14]</sup>。

**1.3.4 样品的制取** 大鼠进行处理前必须禁止饮食,时间为 8 h,被处理大鼠应及时检测,取适量肝组织于烧杯中,进行剪碎处理,得肝匀浆,并于 4 ℃、2 000 r/min 条件下离心 20 min,清除下沉部分,进

一步对上清液处理,离心速度为 3 000 r/min,时间为 20 min,沉淀为肝组织,应用超声波将其破碎,备用<sup>[15-16]</sup>。

表 1 大鼠运动方案

Table 1 Rats exercise program

时间/d	速率/(m/min)	坡度/°	运动时间/(min/d)	运动强度 (VO <sub>2</sub> max)/(mL/(kg·min))
1-5	16.0	0	25	
6-10	16.2	5	25	57.5±1.4
11-15	16.2	5	35	57.5±1.4
16-20	27.8	5	35	73.4±2.6
21-25	27.8	5	35	73.4±2.6
26-30	27.8	10	25	80.1±3.2

**1.3.5 指标的测定** 力竭时间的测定应从开始运动开始计时,直至力竭不动之后所用的全部时间。判断是否力竭的原则为观察运动时,大鼠速度降低,臀部在笼体后壁,后肢体随皮带自然转动达 30 s,利用刺激手段进行作用没有效果,即为力竭。

表 2 各组大鼠肝组织抗氧化能力的比较(x±s,n=20)

Table 2 Antioxidant capacity of hepatic tissue in the rats from each group(x±s,n=20)

组别	—SH 含量/(μmol/g)	MDA 含量/(nmol/mL)	GSH-Px 活力/(U/mL)	SOD 活力/(U/mL)
A	83.86±8.65	2.53±0.16	117.23±9.54	335.12±18.21
B	65.34±8.31 <sup>a</sup>	5.14±0.24 <sup>a</sup>	76.11±10.18 <sup>a</sup>	219.98±27.12 <sup>a</sup>
C	71.21±6.76 <sup>a</sup>	4.32±0.24 <sup>a</sup>	85.44±12.11 <sup>a</sup>	238.62±20.47 <sup>a</sup>
D	77.65±8.53 <sup>b</sup>	3.54±0.23 <sup>b</sup>	110.27±10.45 <sup>b</sup>	278.53±25.28 <sup>b</sup>
E	87.23±8.52 <sup>bc</sup>	2.28±0.17 <sup>bcd</sup>	123.25±10.23 <sup>bc</sup>	323.50±24.33 <sup>bc</sup>

注:<sup>a</sup>同 A 组相比,差异显著(P<0.05);<sup>b</sup>同 B 组相比,差异显著(P<0.05);<sup>c</sup>同 C 组相比,差异显著(P<0.05);<sup>d</sup>同 D 组相比,差异显著(P<0.05)。表 4 同。

**2.2 黑灵芝多糖对大鼠 NO-NOS、ATPase 活性的影响**

NO 可加强机体内血管的舒张能力,改善机体组织代谢,可加强体内物质的输送能力。由表 3 可得出,大鼠力竭后,肝组织 NOS 活力及 NO 摩尔质量、肝线粒体活力显著下降;休息 12 h,肝组织中 NOS 活力及 NO 摩尔质量、肝线粒体活力加强,但仍不能恢复原始状态。服用黑灵芝多糖大鼠力竭后,肝组织中 NOS 活力及 NO 摩尔质量、线粒体 Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase、Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup>-ATPase 活力与 A 比较要低(P<0.05),比 B 组高(P<0.05);休息 12 h 后,肝组织中 NOS 活力、NO 摩尔质量和线粒体指标达到 A 组

GSH -Px、NOS、—SH、MDA、NO、SOD、Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup>-ATPase、Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase 的测定都参照说明书进行。

**2 结果与分析**

**2.1 黑灵芝多糖对大鼠抗氧化能力的影响**

SOD 和 GSH-Px 是极其重要的抗氧化酶类,可清除自由基等物质。—SH 作为体内重要物质,可维持机体基本能力,并能够有效地防止自由基对机体的损害。MDA 浓度的多少可代表机体内物质氧化程度。由表 2 可以得出,运动力竭后,B 组动物肝组织中 GSH-Px 活力、SOD 活力和—SH 摩尔质量显著比 A 组低(P<0.05),MDA 浓度比 A 组显著提高(P<0.05)。C 组肝组织中 GSH-Px 活力、SOD 活力和—SH 摩尔质量同样也比 A 组低(P<0.05),MDA 浓度比 A 组高(P<0.05)。根据 D 组实验结果,同 B 比较,各项指标有明显恢复,但比对照组略差,E 组抗氧化指标要比 B、C 组有显著提高,与对照组相当。故由结果可知,黑灵芝多糖能够增强肝组织抗氧化能力,并能加快运动疲劳后的恢复。

水平,和 B 组相比显著升高(P<0.01),和 C、D 组相比显著升高(P<0.05)。根据结果可知,黑灵芝多糖可提高机体运动能力,加强机体物质的输送,促进机体代谢,同时可增强对机体的恢复能力。

**2.3 黑灵芝多糖对耐力训练大鼠跑台运动力竭时间的影响**

由表 4 可得出,黑灵芝多糖力竭组 D 服用黑灵芝多糖大鼠运动后力竭时间明显比力竭组 B 要高,而且时间上延长 23%,具有统计学意义(P<0.05)见表 4。由实验结果可知,大鼠服用多糖后力竭时间显著延长,故黑灵芝多糖可增强运动能力,延缓运动疲劳,能够延长运动时间。

表 3 各组大鼠肝组织 NO-NOS 和肝线粒体 ATPase 活性的比较 ( $x \pm s, n=20$ )Table 3 NO-NOS in hepatic tissue and ATPase activity in hepatic mitochondria of rats ( $x \pm s, n=20$ )

组别	Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> -ATPase 活力 / ( $\mu\text{mol}/(\text{mg} \cdot \text{h})$ )	Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup> -ATPase 活力 / ( $\mu\text{mol}/(\text{mg} \cdot \text{h})$ )	NO 含量 / ( $\mu\text{mol}/\text{g}$ )	NOS 活力 / (U/mg)
A	77.53±7.85	84.63±6.52	0.84±0.03	1.46±0.13
B	59.86±8.56 <sup>a</sup>	61.01±7.24 <sup>a</sup>	0.42±0.02 <sup>aa</sup>	0.83±0.19 <sup>aa</sup>
C	67.47±7.55 <sup>a</sup>	73.23±7.42 <sup>a</sup>	0.42±0.03 <sup>a</sup>	1.11±0.16 <sup>a</sup>
D	71.44±7.55 <sup>ab</sup>	76.23±7.62 <sup>ab</sup>	0.55±0.04 <sup>a</sup>	1.18±0.22 <sup>a</sup>
E	77.43±4.26 <sup>abcd</sup>	84.24±1.51 <sup>abcd</sup>	0.87±0.06 <sup>abcd</sup>	1.86±0.14 <sup>abcd</sup>

表 4 大鼠力竭时间比较 ( $x \pm s, n=20$ )Table 4 Rats exhaustive time ( $x \pm s, n=20$ )

组别	力竭时间/min	力竭时间延长度/%
B	75.43±17.21	
D	92.78±16.05 <sup>#</sup>	23.00

注: #. D 组与 B 组比较, 差异显著 ( $P < 0.05$ )。

### 3 结语

由实验结果可知, 大鼠服用黑灵芝多糖后, GSH-Px 活力、SOD 活力和—SH 摩尔质量有显著提高, MDA 浓度明显降低, 故黑灵芝多糖可增强机体抗氧化能力。肝组织线粒体 Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase、Ca<sup>2+</sup>/

Mg<sup>2+</sup>-ATPase 活力明显提升; 恢复 12 h 后, 肝组织中 NOS 活力、NO 摩尔质量达到原水平, 说明服用黑灵芝多糖可增强机体的恢复能力。服用多糖后大鼠力竭时间显著延长, 说明黑灵芝多糖具有延缓疲劳, 延长运动时间的作用。

### 参考文献:

- [1] WANG J Q, NIE S P, YU Q, et al. Immunol regulation and antioxidation of black *Ganoderma lucidum* polysaccharides on immunosuppressed mice[J]. *Food Science*, 2012, 23: 274-277.
- [2] ZHU K X, NIE S P, SONG D et al. Effect of *Ganoderma lucidum* polysaccharide on blood glucose, blood lipid and superior mesenteric artery in type 2 diabetic rats[J]. *Food Science*, 2013, 23: 300-304.
- [3] LI K K, YU M, HU Y. Three kinds of *Ganoderma lucidum* polysaccharides attenuate DDC-induced chronic pancreatitis in mice [J]. *Chemico-Biological Interactions*, 2016, 20: 421-425.
- [4] YAN Y, ZHANG H, NIE S P, et al. Physical and chemical properties and antioxidant activity of water-soluble polysaccharides of fructus geniposus[J]. *Food Science*, 2009, 19: 55-60.
- [5] SIEWKIAN C, CHUNGLIM L. Maximizing the retention of ganoderic acids and water-soluble polysaccharides content of *Ganoderma lucidum* using two-stage dehydration method[J]. *Drying Technology*, 2014, 326: 632-635.
- [6] XI X F, WANG S Y, XIONG Z Y, et al. Effects of polysaccharide from *Coriolus versicolor* on antioxidant capacity and ATPase activity in brain of trained rats[J]. *Food Science*, 2012(5): 256-259.
- [7] CHE L L, LIU J, LIU X D, et al Effects of propolis and iron supplementation on blood iron status of rats and the anti-oxidative protection of propolis[J]. *Food Science*, 2011(5): 244-248.
- [8] LIU J W, DING S Z, HU Z G. Effects of zinc supplementation on superoxide dismutase, glutathione peroxidase, total antioxidant capacity and Bax, Bcl-2 mRNA expression in gastrocnemius muscle after endurance training and exhaustive exercise[J]. *Chinese Journal of Sports Medicine*, 2011(8): 740-744.
- [9] ZHU K X, NIE S P, LI W J, et al. Effects of *Ganoderma lucidum* polysaccharides on proliferation and inducing cytokines of splenic lymphocytes in mice[J]. *Food Science*, 2010, 19: 351-354.
- [10] YU Q, NIE S P, LI W J, et al. Study on the effect of black *ganoderma lucidum* polysaccharides on aging mice induced by

- D-galactose[J]. **Food Science**, 2009, 17: 305-307.
- [11] LIN S L, ZHU K X, SONG D, et al. Protective effects of *Ganoderma lucidum* polysaccharides on liver oxidative stress in type 2 diabetic rats[J]. **Food Science**, 2013, 21: 302-305.
- [12] PAN Q. The ventromedial thalamic nucleus high-frequency electrical stimulation to improve Parkinson's disease model dyskinesia in rats[D]. **Southern Medical University**, 2014.
- [13] LIU X L, SHI K X, QIAO D C. Effects of exercise on the electrical activity of striatum neurons in Parkinson's disease model rats [J]. **Journal of Beijing Sport University**, 2014(5): 57-61.
- [14] CUI J M, SU X Y, WANG X, et al. Effect of voluntary exercise on behavior, expression of neurotrophic Y-peptide and nitric oxide synthase in central amygdala of depression model rats[J]. **Sports Science**, 2014(5): 15-22.
- [15] LUO X Q, XU X Y, HUANG C G, et al. Effect of total anthraquinone on lipid peroxidation and PPAR- $\gamma$  expression in liver of alcoholic fatty liver rats[J]. **Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine**, 2011, 12: 1654-1659.
- [16] YANG Q H, XIE F, WANG F Z, et al. Effect of different treatment prescriptions on the expression of NF- $\kappa$  B p65 in liver tissue and p38MAPK protein in Kupffer cells of fatty liver rats[J]. **Journal of Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine**, 2009(2): 141-147.

## 科 技 信 息

### 《关于规范保健食品功能声称标识的公告》(2018年第23号)有关问题的解读

2018年2月13日,原食品药品监管总局发布了《关于规范保健食品功能声称标识的公告》(2018年第23号),明确了保健食品功能声称标识的有关事项。一是未经人群食用评价的保健食品,其标签说明书载明的保健功能声称前增加“本品经动物实验评价”的字样;二是此前批准上市的保健食品生产企业,应当在其重新印制标签说明书时,按上述要求修改标签说明书。至2020年底前,所有保健食品标签说明书均需按此要求修改;三是自2021年1月1日起,未按上述要求修改标签说明书的,按《中华人民共和国食品安全法》有关规定查处。为进一步明确保健食品功能声称标识规范,现就公告解读如下:

一、未经人群食用评价的保健食品(营养素补充剂产品除外),应在标签、说明书“保健功能”项下保健功能声称前增加“本品经动物实验评价”的字样。标注为“[保健功能]本品经动物实验评价,具有xxx的保健功能”。

二、已批准上市的保健食品,其保健功能均经过人群食用评价的,在新的评价技术要求及标识规定发布实施前,原保健功能声称的标识不变。

涉及多项保健功能声称的保健食品,应根据动物实验评价及人群食用评价情况,按上述要求分别进行标注。例如,保健功能“A”,仅经动物实验评价;保健功能“B”,仅经人群食用评价;保健功能“C”,经动物实验及人群食用评价。标注为“[保健功能]A、B、C(经动物实验评价,具有A的保健功能)”。

三、营养素补充剂产品不涉及动物实验和人群食用评价,保健功能声称标识不变,标注为“[保健功能]补充xxx”。

四、申请人应按公告要求自行修改标签、说明书,无需单独针对此项内容提出变更申请。

五、公告中第三条提及的“自2021年1月1日起”,系指未按上述要求修改标签说明书的保健食品的销售截止日期。

[信息来源] 国家市场监督管理总局.《关于规范保健食品功能声称标识的公告》(2018年第23号)有关问题的解读[EB/OL]. (2018-4-17). [http://samr.saic.gov.cn/xw/yw/wjfb/201804/t20180417\\_273799.html](http://samr.saic.gov.cn/xw/yw/wjfb/201804/t20180417_273799.html).